

Bruk av respirasjonsmuskulatur ved song

Prosjektoppgåve i medisin

Ragnhild Askeland

Vegleiar
Gunnar Nicolaysen

Takk til

Jan Sødal

songar og pedagog,
som fekk meg til å fundera over dette,

Gunnar Nicolaysen

vegleiar,
for ustoppeleg entusiasme for prosjektet,

og

M. Helene X. B. Fongen

syster og ven,
for all støtte og optimisme.
Til deg er dette arbeidet dedikert.

Use of muscles of respiration in singing by Ragnhild Askeland

This paper reviews research on use of respiration muscles during singing in singers within the classical tradition. A singer needs to maintain a minutely exact control of subglottal pressure. This control is mediated by the muscles of respiration. The diaphragm, external and parasternal internal intercostals and levatores costarum muscles belong to the group of inspiratory muscles, and abdominal muscles, interosseal internal intercostals and transversus thoracis to the expiratory group. These two groups work antagonistically during phonation to control subglottal pressure. Inspiratory effort is used to counteract the elastic recoil forces of the lung. Expiratory effort helps maintain subglottal pressure at low volumes. The role of shoulder and neck muscles in the respiration pattern in a singer is not fully understood, but recent research shows that activity in these muscles are much more widespread than previously believed.

A consistency in pattern of respiration is seen in the same singer during repetition of singing tasks, but not between singers, and to make general assumptions of interaction between muscles and muscle groups during singing is difficult.

Different teachers use different pedagogic approaches to teach breathing technique. This may account for some of the diversity in the pattern of respiration in singers. One solution would be to map respiration patterns within a certain pedagogical tradition. A combination of different methods would be recommended to map a respiration pattern more completely. To fully understand the role of respiratory apparatus in singing, its function must be studied in relation to larynx and the acoustic product.

Innhald

Innleiing	s. 5
Bakgrunn for val av oppgåve	s. 5
Songpedagogen og medisinen	
– to ulike perspektiv på stemmeapparatet	s. 5
Avgrensing og definering av oppgåva	s. 6
Søkestrategi	s. 6
SONGAREN OG INSTRUMENTET	s. 7
Larynx	s. 7
Stemmebanda og det subglottale trykket	s. 8
Klangkassa	s. 9
Respirasjonsapparatet	s. 9
Krav til songaren	s. 10
Respirasjonsmusklane	s. 10
Diaphragma	s. 11
Brystveggsmuskulaturen	s. 11
Mm. intercostales externa og interna	s. 12
Mm. levatores costarum	s. 12
Tabell 1	s. 13
M. transversus toracis	s. 13
Tabell 2	s. 14
Abdominalmuskulaturen	s. 15
Hals-, nakke- og skuldermuskulatur	s. 15
M. trapezius	s. 16
M. sternocleidomastoideus og mm. scaleni	s. 16
Tabell 3	s. 17
M. pectoralis major og minor	s. 17
Metodar for undersøking av einskilte musklar	s. 18
Respirasjonsmønster	s. 19
Musklar samarbeider om respiratoriske oppgåver	s. 19
Aktiveringsgrad varierer gjennom respirasjonssyklusen	s. 19
Vegen vidare	s. 20
Respirasjonsmønster sett i samanheng	s. 20
Diversitet	s. 21
Metodar for undersøking av respirasjonsmønster	s. 21
Oppsummering	s. 22
Litteraturliste	s. 22

Innleiing

Bakgrunn for val av oppgåve

Eg ynskjer med denne oppgåva å sjå på stemmebruk med eit anatomisk fysiologisk blikk, meir spesifikt kva medisinsk forskning som er gjort på bruk av respirasjonsmuskulatur under klassisk song.

Det er innan songmiljøet mykje fokus på respirasjonsteknikk, men kunnskapen om kva som anatomisk-fysiologisk går føre seg er mindre. Det er samstundes avgrensa kor mykje kunnskap og forskning om song det finst innom dei medisinske fagmiljøa.

Eg har sjølv røynsle med stemmebruk, først og fremst innan korsong. Gjennom stemmeopplæring både i korsamanheng og hjå songpedagogar har eg opplevd ulike pedagogiske tilnærmingar og lært ulike måtar å pusta på under song. Det verkar å vera ulike tilnærmingar innan ulike tradisjonar.

Bakgrunnen som medisinstudent med grunnleggjande anatomiske kunnskapar har gjort meg svært nyfiken på kva røyntleg kunnskap som eigentleg finst innom feltet, og eg har difor valt å gjera ein litteraturstudie på nettopp dette.

Songpedagogen og medisinen – to ulike perspektiv på stemmeapparatet

Stemma er eit forunderleg og finstemt instrument. Det hjelper menneske å uttrykkja ei stort spekter av kjensler og blir ikkje berre brukt under tale og song, men også ved gråt og latter. Stemmeapparatet er eit svært komplekst system, men eit menneske brukar ikkje behøva å tenkja på korleis det skal bruka det. Automatisk regulerer kroppen stemmeband, pust og resonnansrom slik at det passar til uttrykket ein vil formidla. Denne kompleksiteten gjer stemmeapparatet vanskeleg å forska på, og gjer også oppgåva å læra ut song til ei delikat utfordring – korleis lærer ein studenten teknikk som forsterkar og framhevar stemmekvalitetane, men ikkje skaper uvanar eller øydelegg den naturlege kontrollen?

Det er enno begrensa kunnskap om korleis stemmeapparatet fungerer anatomisk og fysiologisk. Denne kunnskapen har naturleg nok ikkje songpedagogane heller, men dei har solid røynsle med å bruka setemmeapparatet. Den klassiske songtradisjonen går langt tilbake, og det har oppigjennom hundreåra danna seg ulike skular med ulike klangideal med pedagogiske strategiar for å læra songarstudenten å nå dette idealet på. Desse er ikkje nødvendigvis grundig fundert på anatomisk og fysiologisk kunnskap(1;2).

Forskaren forskar fordi han eller ho er genuint nyfiken på korleis noko fungerer, men vil slike kunnskapar hjelpa songpedagogen i arbeidet? Reell kunnskap om anatomi og fysiologi gjer ikkje nødvendigvis studenten i stand til å forstå korleis stemmeapparatet skal brukast. Ein god songpedagog greier ved hjelp av bilete og metaforar å formidla til eleven korleis han eller ho skal syngja(1;2). Han avleier merksemda bort frå det som skjer, slik at kroppen sjølv får lov til å finna den beste strategien.

Samstundes vil større kunnskap om stemmeapparatet kanskje gjera det lettare å vurderer om nokre metodar er meir tenelege enn andre. Kunnskap om korleis respirasjonsmønster påverkar stemmeapparatet vil kanskje kunna bidra til val av den rette respirasjonsteknikken for den einskilde studenten.

Både songarar, songpedagogar og forskarar sit på verdifull kunnskap. Dei førstnemnde kjenner stemmeapparatet "innanifrå", sistnemnde ser det "utanifrå". For å kartleggja mysteriet kring stemma er det difor naudsynt å samarbeida, for utan begge typene kunnskap vil ein ikkje kunna nå målet. Denne oppgåva vil freista å sjå korleis respirasjonsapparatet fungerer ut frå forskaren sitt perspektiv.

Avgrensing og definering av oppgåva

I utgangspunktet visste eg ikkje kor mykje forskning som var gjort på området, så det var ei glede å sjå kor mykje merksemd som er vigd feltet, der både spesialistar innan lungefysiologi og øyre-nase-hals bidreg. Mesteparten av forskinga fokuserer på stemme og stemmeband, men meir og meir interesse er kommen for korleis pusteteknikk påverkar fonasjonen, særleg dei siste ti åra.

For å få ei mest mogleg avgrensa spørsmålsstilling, har eg valt å konsentrera meg om forskinga gjort på bruk av respirasjonsmuskulatur hjå vaksne songarar innan den klassiske tradisjonen, som òg er forskinga det finst mest av. Eg har medvite valt bort artiklar som tek føre seg diagnostiske, patologiske og behandlingmessige aspekt hjå songaren.

Eg vil og leggja til at eg har avgrensa artikkeltilfanget utifrå språk (engelsk og skandinaviske språk) og tilgjenge.

Søkestrategi

Eg har brukt Pub Med-databasen som grunnlag for mine litteratursøk, og byrja med eit vidt søk for å sjå kva som fanst. Sidan eg interesserer meg for song som eit menneskeleg fenomen, fann eg det naturleg å setja grensa "Humans" for alle søkja. Første søk:

((singing) OR (vocalization)) AND ((respiration) OR (breathing))

Dette gav 115 titlar (per 15.02.2009). Artiklane som hadde vocalization som søkjeord handla stort sett om larynx sin funksjon, og eg kunne følgjeleg forenkla søkjet til:

singing AND ((respiration) OR (breathing))

Av dei totalt 59 artiklane i søket (per 15.02.2009) fann eg fleire titals interessante for mi problemstilling. For å sjekka at eg hadde fått med meg det viktigaste valde eg å òg søkja spesifikt på dei to avgrensingane eg hadde sett på oppgåva, at ho skulle handla om respirasjonsmuskulatur, og det hjå klassiske songarar:

singing AND respiratory muscles

((professional) OR (classical) OR (operatic)) AND singing AND ((respiration) OR (breathing))

Desse to søka gav 17 og 18 artiklar (per 15.02.2009). Desse to søka overlappa delvis med kvarande og førre søket, og det er desse tre siste søka eg har brukt som utgangspunkt for valet av artiklar i oppgåva mi. Når eg har truffe på ukjende interessante referansar i artiklane, har eg teke med dei òg.

Det er òg verd å sei noko om tidsspennet på artiklane. Dette er eit felt med lite samla tal publikasjonar, og for å få med den vesentlege forskinga har eg difor valt å ta med artiklar heilt tilbake til 1960-talet.

SONGAREN OG INSTRUMENTET

Lyd er fortetningar i luft. Ein kan jamføra songaren sitt instrument med eit kva som helst anna instrument; det er stemmebanda med sine vibrasjonar som lagar fortetningar i lufta, respirasjonsapparatet er belgen som får stemmebanda til å vibrera, og kroppen med alle sine holrom er klangkassa. Det som er unikt med songaren sitt instrument er kompleksiteten – klang og tonehøgde blir regulert av lengd og tjukkeleik av stemmebanda, bruk av respirasjonsapparatet og modifisering av klangkassa.

Hovudfokuset er på respirasjonsapparatet, men det er likevel naudsynt å vita litt om korleis stemmebanda fungerer for å forstå sambandet mellom respirasjon og fonasjon. Likeeins er det aspekt ved "klangkassa" som er viktige for forming av det akustiske produktet. Dette blir gjennomgått først. Sidan følgjer kartlegging av dei ulike muskelgruppene og samspelet mellom dei.

Larynx

Stemmebanda held hus i larynx, strupehovudet, og det er her tonehøgde og lydstyrke blir skapt og modifisert. Me vil ikkje gå noko særleg inn på denne delen av stemmeapparatet, men tilrår Sataloff et al sin framifrå oversiktsartikkel for fin repetisjon(3).

Larynx er ein del av dei nedre luftvegane og består av eit bruskskjelett, eit indre muskelsett, mucosa som kler den indre flata, samt eit sett med ytre musklar. Stemmebanda består av muskelen m. vocalis, kledd av mucosa med særskilde eigenskapar, som er strekt ut på tvers av luftrøyret mellom ulike delar av bruskskjelettet. Dei andre indre musklane bevegar brusksdelane i forhold til kvarandre, og endrar slik lengd, tjukkeleik, posisjon og indre spenning i stemmebanda, og følgjeleg lyden stemmebanda gjev frå seg.

Dei ytre musklane, dei supra- og infrahyoidale muskelgruppene, er viktige for å stabilisera larynx-skjelettet. Larynx sin posisjon og hellingsgrad påverkar korleis dei ulike delane av larynx-skjelettet er posisjonert i forhold til kvarandre, og

følgjeleg korleis dei indre musklane jobbar. Hjå songarar trente innan den klassiske tradisjonen blir larynx halden i ein stabil vertika posisjon, noko som blir sett på som viktig for å nå typiske klanglege ideal(3;4). Nærleiken til andre muskelgrupper i hals, munn og nakke gjer truleg også muskelgruppa var for spenningar i dei muskelgruppene, som slik kan påverka larynx(3).

Stemmebanda og det subglottale trykket

Me kan sjå på stemmeapparatet som eit rørsystem, der stemmebanda representerer ei innsnevring av tversnittet i luftvegane; med auka luftstraumsfart som følgje. Bernouilli-effekten forklarar korleis dette skaper undertrykk i stemmespalta, noko som syg stemmebanda saman og lukkar stemmespalta. Trykket byggjer seg så opp subglottalt, og pressar stemmebanda frå kvarandre att. Stoppen i luftflyt skaper fortetningar i lufta som blir oppfatta som lyd. Lukkinga og opninga av stemmespalta blir kalla den glottale syklusen, og tal syklusar per sekund bestemmer grunnfrekvensen eller tonehøgda. Høgare tal syklusar gjev høgare tone, lågare tal gjev lågare tone.

Ved høgare subglottalt trykk får stemmebanda høgare stengingsfart, og lydstyrken aukar. Dobling av det subglottale trykket aukar lydstyrken med 9 DB(5). Men det subglottale trykket påverkar også tonehøgda; ein auke på 1 cm H₂O kan gje ein frekvensauke på 3-4 Hz(5). Dette må songaren då korrigera for, anten med justering av trykk eller av stemmeband. Ved auke i lydstyrke på same tone lyt til dømes spenninga i stemmebanda gå ned(6)

Grad av adduksjon, samt adduksjonskrafta, er også viktig for fonasjonen, og er korrelert med det subglottale trykket og luftstraumsfarten. I eine enden av skalaen har ein den luftfylte stemma: stemmebanda adduserer ikkje, og subglottalt trykk er lågt. I andre enden av skalaen har ein den pressa stemma: stemmebanda har lang adduksjonsfase og subglottalt trykk er høgt (3;4). Idealet for songaren sin fonasjon ligg midt i mellom og blir kalla "flow phonation"(3-5). Då skaper songaren det riktige subglottale trykket med liten luftstraum, og brukar slik mindre luft. Stemmebanda adduserer med akkurat passe stor kraft; dei lek ikkje luft i lukningsfasen, men dei brukar heller ikkje kraft på å bremsa luftstraumen(5). Under klassisk song varierer det subglottale trykket mellom 2 og 20 cm H₂O(7).

Det er vanskeleg å måla det subglottale trykket nøyaktig. Ein metode er måling av trykk i munnen. Dette er berre mogleg ved uttale av bilabiale konsonantar ved ei tonehøgda, og ein går då ut ifrå at det er same trykk her og subglottalt, og at trykket ikkje blir endra under uttalen av konsonanten. Ved å måla trykket i oesophagus kan ein få ei bra tilnærming til det intrapleurale trykket, særleg endringar i trykket. Dette trykket representerer ikkje det subglottale trykket nøyaktig; i følgje Sundby et al speglar ikkje dette trykket dei elastiske kreftene i lungene, og viser dermed lågare trykk enn reellt subglottalt trykk ved store lungevolum(8). Raske skift i subglottalt trykk blir spegla bra i oesophagustrykk, og denne metoden er følgjeleg bra for kontinuerlig måling av raske trykkendringar. Peristaltiske rørsler i oesophagus kan forstyrre målingane, men er lette å identifisera(8).

For å sjå korleis stemmebanda jobbar blir det brukt elektroglottografi, EGG(7;9). Denne metoden er ein ikkje-invasiv metode som måler elektrisk impedans over strupehovudet og kan slik registrera korleis stemmebanda opnar og lukkar seg gjennom den glottale syklusen. Det er også gjort undersøkingar med nåle-EMG, men denne metoden høver naturleg nok dårleg ved testing av songarar.

Klangkassa

Stemma er eit akustisk produkt og har blitt forma av romma det resonnerer i. Når stemmebanda vibrerer, blir det i tillegg til grunnfrekvensen (tonehøgda) danna eit frekvensspekter som bidreg til korleis me oppfattar lyden. Dette spekteret har toppar ved nokre frekvensar, og desse toppane blir kalla formantar eller overtonar. Både grunnfrekvensen og desse formantane resonnerer i kroppen, og blir forsterka på ulikt vis.

Songarar kan påverka frekvensen til formantane som blir produserte og korleis dei blir forsterka ved å manipulera resonnasrom. Øvre luftvegar blir til dømes aktivt brukt ved uttale av konsonantar og vokalar, og songarar blir tilrådd seinka larynx vertikalt. Dette skal gje fordelaktige resonnansforhold, og bidreg i skapinga av "songarformanten".(3;9)

Kroppshaldning er også viktig. Ved endra kroppsstilling endrar aksane og tilhøva musklane jobbar under, og påverkar også resonnansen i kroppen. Ved konsistent haldning blir det enklare for songaren å reprodusera ein lyd eller eit uttrykk, og songarar generelt jobbar kontinuerlig med å justera haldning og avslapning(2).

Klang og resonnans er kompliserte fenomen, og vitskapen trør framleis sine barnesko på dette feltet. Den vanlegaste metoden for å vurdere det akustiske produktet i studium av songarar er måling av lydtrykksnivå og analyse av frekvensspekteret med tanke på samansetjing av overtonar.

Respirasjonsapparatet

Respirasjonsapparatet omfattar lungene og det vevet som regulerer lufttrykket i lungene. Lungene ligg inni brystkorga og er via pleurahinnene tilhefta brystveggen. Følgjeleg kan ein ved å endra volumet på brystkorga flytta luft inn og ut av lungene.

I tillegg til at ein aktivt kan endra lungevolum ved hjelp av musklane, har ein passive elastiske krefter i vevet som også bidreg. Lungene er spent ut mellom brystveggene, men vevet har krympetendens og freistar dra i hop brystveggen. Ribbene i brystveggen freistar derimot å halda brystkassa utspilt. Etter aktiv fylling eller tømning av lungene vil desse to motsett retta kreftene freista få brystkorga tilbake til si nøytrale stilling, der dei er like store. Brystkorga er i nøytral stilling ved slutten av ein avslappa ekspirasjon, og dette lungevolumet vert kalla FRC, funksjonell residualkapasitet(5).

For å kunna kontrollera luftstraumen forbi stemmebanda og det subglottale trykket, lyt altså songaren læra seg å samkjøra dei passive elastiske kreftene i lunge og brystvegg med aktiv muskelbruk(5).

Krav til den klassiske songaren

I sitt repertoar har songaren varierte utfordringar for stemmeapparatet, både i varigheit, tonehøgde, lydstyrke og fleksibilitet: frå lange tonar og langsame fraser sunge legato, til coloraturasong med raskt skiftande tonehøgde i høgt tempo sunge på ein vokal; stakkatosong og triller. I tillegg skal songaren formidla eit emosjonelt uttrykk(8).

Alt dette er avhengig av presis kontroll av det subglottale trykket. Ein har følgjeleg under song andre krav til respirasjons-apparatet enn i kvile. I kvile er tidevolumet 0,5 l, men for å kunna halda lengre strofer eller oppnå høgare lydstryke tek songaren i bruk større del av sin vitalkapasitet(5;10). Tidevolum har vorte målt til 90% av vitalkapasiteten(6;10). På grunn av at songaren brukar ein så stor del av sin vitalkapasitet, både ovanfor og under FRC, lyt han ta i bruk respirasjonsmuskclar, og følgjeleg er respirasjonsteknikk viktig(5).

Songaren lyt ha evne til trekkja inn store mengder luft raskt. Men songaren brukar ikkje inspirasjonsmuskclaturen berre for dra inn luft. For å vokalisera lange fraser lyt ekspirasjonsfasen hjå songaren vera lang. Grunna lungene sine passive elastiske krefter krev roleg ekspirasjon i kvile ingen aktiv muskelbruk i det heile, men når dei passive elastiske kreftene rår grunnen åleine, er ekspirasjonen unnagjort på eit blunk. Det er for songaren difor naudsynt å kunna bremsa ekspirasjonen i starten, og det skjer ved aktiv bruk av inspirasjonsmuskclatur. Mot slutten av vokalisasjonen brukar songaren ekspirasjonsmuskclatur for å halda det subglottale trykket ved like. Vokalisering frå høgt lungevolum krev altså kontinuerleg og gradvis endring i muskelbruk, først inspiratorisk, og mot slutten utelukkande ekspiratorisk (6).

Alt i alt kan ein tenkja seg at inspirasjon- og ekspirasjonsmuskclaturen verkar antagonistisk for å kontrollera det subglottale trykket(5;9).

Respirasjonsmuskclane

Med respirasjonsmuskclar meiner ein dei muskclane som hjelper til med å inflatera eller komprimara bryskorga, og på den måten flyttar luft inn og ut av lungene. Dei fleste av muskclane i denne presentasjonen er nemnde i forsking på song, andre er, sjølv om det ikkje er forska spesifikt på desse i den konteksten, opplagde respirasjonsmuskclar.

Innan lungefysiolog arbeider ein med eit skilje mellom primær og sekundær respirasjonsmuskclatur. Utgangspunktet for denne inndelinga er respirasjon i kvile. Diaphragma og intercostalmuskclar blir tradisjonelt rekna til dei primære inspirasjonsmuskclane (Tabell 1). Mennesket har etter desse kriteria ikkje primær ekspirasjonsmuskclatur, men til den sekundære reknar ein tradisjonelt

abdominalmusklaturen, intercostalmuskulatur og m. transversus thoracis (Tabell 2)(11;12).

Songarar brukar respirasjonsmusklar aktivt, og grenseoppgangane blir følgjeleg annleis. Den tradisjonelt sett sekundære ekspirasjonsmusklaturen kan seiast å vera primær i songaren sitt daglege virke. Til den tradisjonelt sett sekundære inspirasjonsmusklaturen reknar ein blant anna m. sternocleidomastoideus, mm. scaleni og m. pectoralis major og minor. Det er i songarmiljøa semje om at ein skal freista slappa best mogleg av i skuldrene medan ein syng, trass i evna desse musklane har til å gje større lungevolum. Bruken av musklane i nakke- og skulderregionen under song er altså omdiskutert, og musklane blir difor skilt ut i ein tabell for seg (Tabell 3) og vil også bli omtala separat.

Diaphragma

Diaphragma er ein kuppelforma muskel som er festa til innsida av brystkorga si nedste opning, kvelvar seg opp i brystkorga og skil slik abdominalhola frå brysthola. (Tabell 1) Diaphragma blir rekna som den viktigaste inspirasjonsmuskelen, og ved kontraksjon senkar muskelen nedre avgrensing av brysthola og aukar lungevolumet i cranial-caudal retning. I ståande stilling har abdominalinnhaldet eit drag på muskelen, og diaphragma si stilling etter avslappa ekspirasjon er resultat av dei passive elastiske kreftene til lungevevet og draget frå abdominalinnhaldet. Under kontraksjonen pressar diaphragma på abdominalinnhaldet, og ved avslappa abdominalmuskulatur flyttar magen seg framover. Slik kan ein ved roleg respirasjon indirekte sjå at diaphragma er aktivert, jamvel om muskelen ikkje er direkte observerbar.

Sjølv om diaphragma er den viktigaste muskelen under inspirasjonsfasen, er han ikkje nødvendigvis aktivert i fonasjonsfasen. Ved tale er diaphragma passiv, og luftstraumen er kontrollert ved intercostalmuskulaturen(5). Under song har diaphragma vist seg viktig særleg ved høgare volum, i starten av fonasjonen, når dei elastiske kreftene til lungene er sterkast(4). Diaphragma blir aktivert ved songoperasjonar som krev fall i subglottalt trykk, som å ned ein oktav og å gå frå sterk til svak lydstyrke(4).

Brystveggsmuskulaturen

Brystkorga har evne til å auka volumet ved ekspansjon i lateral og dorsoventral retning. Denne volumauken er eit resultat av brystveggen si spesielle utforming. Ribbebeina, med sine skråe forløp og kopling til ryggsøyla og sternum via ledd, ligament og bruskdelar, gjer brystkorga fleksibel og tillet rørsle. Ved elevasjon av ribbene og sternum aukar både den dorsoventrale og laterale diameteren. Rørsle til ribbene blir ofte jamført med rørsle til ein bøttehank, og rørsle sternum gjer med rørsle til handtaket til ei gammaldags vasspumpe(11;12). Brystveggen sine eigne musklar står for mesteparten av denne rørsle. Hals- og skuldermuskulatur kan også bidra, og det blir drøfta i eige avsnitt.

Mm. intercostales externa og interna

Interkostalmusklane er lokaliserte i rommet mellom to naboribber. Ein har eit ytre lag kalla mm. intercostalis externi som primært går mellom beindelen av ribbene, og eit indre kalla mm. intercostales interni som går frå sternum og bak til angulus costae. I tillegg reknar ein med to typar til: mm. intercostales intimi og mm. subcostales. Førstnemnde er muskelfibrar spalta av mm. intercostales interna for å gje plass til intercostalkar(13;14); sistnemnde består av muskelfibrar som er spent ut over eitt til to intercostalrom, lokalisert ved ribbevinkelen på innsida av brystveggen(11;13;13;14). Desse tilsvarar funksjonsmessig til m. intercostalis interna, og eg vil ikkje gå nærare inn på dei.

Korleis intercostalmusklaturen verkar under respirasjon har lenge vore omstridt. Dei spelar openbert ei viktig rolle for å stiva av brystkorga under respirasjonssyklusene, men kva muskel som verkar i kva del av inspirasjonssyklusen har vore særskild uklårt. De Troyer et al. sitt review om bruken av intercostalmusklane i respirasjon som kom i 2005 klargjer mykje (15). Her blir det slått fast at funksjonen er korrelert med kva mekanisk arbeid musklane utfører på ribbene, og at det er ribbene si form og ledding, sett opp imot musklane sine utspring og feste, som avgjer om effekten er inspiratorisk eller ekspiratorisk. Med tanke på det krumme forløpet ribbene sine rørsler føl, er det ikkje overaskande at intercostal-musklane ikkje har ein eintydig funksjon langs heile ribbeforløpet.

Mm. intercostales externa er reine inspiratoriske musklar, men evna mm. intercostales externa har til å løfta ribbene er størst nærast ryggsøyla og lengst cranialt og avtek gradvis caudalt og ventralt. I tillegg har den såkalla parasternale delen av mm. intercostales interna, frå sternalkanten og fram til beindelen av ribbene, også lyfteeffekt på ribbene.

Resten av m. intercostales interna senkar ribbene og komprimerer brystkassa, om ikkje med like stor kraft langs heile krumminga av ribba. I tillegg til å ha ein spatial distribusjon ut frå mekanisk funksjon, viser det seg at dei delane av intercostalmusklane som verkar inspiratorisk, alle blir aktiverte i inspirasjonsfasen, og tilsvarande for ekspiratorisk intercostalmuskulatur i ekspirasjonsfasen.

Mm. levatores costarum

Mm. levatores costarum er lokalisert nær ryggsøyla og går frå ein tverrtagg til ei eller to ribber nedanfor. I ståande stilling har dei mekanisk fordel som gjer at dei ved kontraksjon heilt klart lyfter ribbene. Dei har ikkje vorte spesifikt undersøkte under song, men viser aktivitet både ved roleg og forsert inspirasjon, og kan reknast som primære inspiratoriske musklar(15;16). I tillegg til å ha respiratorisk funksjon, er dei også med på å regulera kroppsstillinga.

Tabell 1. Oversyn over primær inspirasjonsmuskulatur(11;13;14)

Muskel	Utspring	Feste	Innervasjon	Funksjon i respirasjon
Diaphragma: pars sternalis pars costalis pars lumbalis	Proc. xiphoideus, vagina musculi recti abdominis; costae 7-12; vertebrae lumbales I-III, ligg. arcuatum mediale og laterale	Tendinea centralis	N. phrenicus	Inspiratorisk
Mm. intercostales externi (15)	Nedre rand av costae 1-11, frå tuberculum costae til cartilago costalis	Øvre rand av costae 2- 12, som utspring	Nn. intercostales	Inspiratorisk
Mm. intercostales interni, pars interchondralis (15)	Øvre rand av cartilago costales 2-12	Nedre rand av costae 1- 11, som utspring	Nn. intercostales, nn. thoracici	Inspiratorisk
Mm. levatores costarum	Proc. transversi CVII-ThXI	Costae 1-12	Nn. intercostales	Inspiratorisk

M. transversus toracis

M. transversus toracis, også kalla m. triangularis sterni, finn me på innsida av framre brystvegg. Muskelen strekkjer seg frå nedre del av sternum, proc. xiphoideus og nærliggjande ribbebrusk og oppover og lateralt mot ribbebrusken til og med 2. ribbe, og har ein tydeleg eksploratorisk mekanisk fordel. Det manglar undersøkingar av denne muskelen under song, men då han blir rekruttert under aktiv respirasjon og ved tale, kan me rekna med at han òg er aktivert under song. Han jobbar synergistisk med mm. intercostales externa og abdominal-musklane(17).

Tabell 2. Oversyn over ekspirasjonsmuskulatur(11;13;14)

Muskel	Utspring	Feste	Innervasjon	Funksjon i respirasjon
Mm. intercostales interni, pars interossis (mm. subcostales) (15)	Øvste rand av costae 2-12, frå cartilago costales til angulus costae	Nedre rand av costae 1-11, som utspring	Nn. intercostales	Ekspiratorisk
M. transversus thoracis (alternativt m. triangularis sterni)	Corpus sterni, proc. xiphoideus, cartilago costales 6-7	Cartilago costales 2-6	Nn. intercostales, nn. thoracici	Ekspiratorisk
M. rectus abdominis	Cartilago costales 5-7, proc. xiphoideus	Crista pubica	Nn. intercostales 7-12, øvste grein av nn. lumbales	Ekspiratorisk
M. oblicus externus abdominis	Costae 5-12	Crista iliaca, lig. inguinale, tub. pubicum, crista pubica, vagina musculi recti abdominis, linea alba	Nn. intercostales V-XII, n. iliohypogastricus, n. ilioinguinalis	Ekspiratorisk
M. oblicus internus abdominis	Fascia thoracolumbalis, crista iliaca, lig. inguinale	Costae 10-12, vagina musculi recti abdominis	Nn. intercostales VIII-XII, n. iliohypogastricus, n. ilioinguinalis	Ekspiratorisk
M. transversus abdominis	Costae 7-12, fascia thoracolumbalis, crista iliaca, lig. inguinale	Vagina musculi recti abdominis	Nn. intercostales VII-XII, n. iliohypogastricus, n. ilioinguinalis	Ekspiratorisk

Abdominalmusklaturen

Abdominalmusklaturen består av m. rectus abdominis medialt, og dei tre laterale musklane m. oblicus externa, m. oblicus interna og m. transversus abdominis. Dei tre sistnemnde har utspring dorsolateralt på truncus, og festar seg primært i rectusskjeden som omsluttar m. rectus abdominis medialt. Saman dannar dei ein muskelvegg som dekkar abdominalhola venterolateralt, med muskelfibrar i ulike retningar, primært horisontalt og på skrå. M. rectus abdominis har utspring i medial del av brystkorga og festar seg på christa pubica og har følgeleg eit vertikalt forløp. Kontraksjon av abdominalmusklane aukar trykket i abdominalhola og minskar lungevolumet i cranio-caudal retning ved å pressa abdominal-innhaldet og diaphragma opp i brystkassen. Dei kan også bidra ekspiratorisk ved kompressjon av nedre thorax-opning.

Det er dei venterolaterale musklane som bidreg mest til den intraabdominale trykkauken under song, m. rectus abdominis medverkar berre i liten grad. Desse musklane har størst overflate, og følgeleg større mekanisk fordel. Aktiveringa er dessutan større i nedre del av abdomen enn øvre(18). Samme type aktivering skjer under roleg respirasjon og ved tale, om enn i lågare grad(18). Aktiviteten til musklane under song har vorte testa med overflatiske EMG-elektrodar, og det har difor ikkje vore mogleg å sjå om dei einskilde laterale musklane har ulike aktiveringsmønster(18).

Hals-, nakke- og skuldermusklatur

I tillegg til den for songaren primære musklaturen presentert over, er det ei rekke andre musklar som har inspiratorisk og ekspiratorisk verknad, både nakke-, rygg-, hals- og skuldermusklatur. Musklane presenterte her er dei det finst noko forskning om innan song(Tabell 3).

Medan forskarar lenge har undersøkt dei store respirasjonsmusklane og volumendring i nedre del av thorax, har det vore lite kunnskap om kva rolle nakke og skuldermusklatur har i respirasjonsmønsteret til songaren, om noko rolle i det heile. Viggo Pettersen ved Universitetet i Stavanger med fleire, har siste åra freista bota på kunnskapsløysa gjennom ein serie studiar der dei prøver å kartleggja bruken av denne muskelgruppa(2;19-24). Under følgjer ein presentasjon av arbeidet hans, og korleis resultata påverkar det me veit om dei ulike musklane.

Pettersen har konsentrert seg om m. trapezius, m. sternocleidomastoideus og mm. scaleni. Det vart brukt overflatiske EMG-elektrodar til å måla aktiviteten i musklane, med registrering av volumendring i øvre og nedre del av thorax ved hjelp av lengdeavhengig motstandsmål. Det vart også sett på aktiviteten i m. trapezius sett i samanheng med aktiviteten i intercostalmusklaturen, lateral abdominalmusklatur og m. rectus abdominis.

Både studentar og profesjonelle songarar vart testa, og gjorde ulike songoppgåver i ulik tonehøgde (lange tonar) og lydstyrke (arie). I nokre av studiane skulle songarane dessutan syngja ekstreme tonar; høgaste og lågaste

tone i registeret til songaren. Det vart så brukt EMG-biofeedback for å få songarane til å senka aktiveringa av skuldermusklaturen. Songoppgåvene vart sidan repeterte, denne gongen med fokus på å halda skuldrene avslappa.

Biofeedback har vist seg å vera ein meir effektiv metode for å læra seg å slappa av i skuldermusklaturen enn berre å prøva å slappa av(19). Ved å sjå EMG-signalet til m. trapezius på ein skjerm, vart songarane medvitne om at dei kunne kontrollera grad av aktivering under respirasjon og fonasjon, og kunne slik greia å slappa av.

M. trapezius

Denne muskelen har utspring øvst i nakken og nedover langs ryggraden, og festar seg på lateraldelen av clavícula, acromion og skulderbladet. Han har ikkje vore kjend som noko respirasjonsmuskel tidlegare, men Pettersen sine studiar viser at han kan ha ekspiratorisk funksjon. Med sitt drag på clavícula og sin evne til rotasjon av skulderbladet kan muskelen ved fiksering av skulderbladet yta press på øvre del av brystkassa(2).

Majoriteten av songarane Pettersen undersøkte hadde aktivitet i denne muskelen under ekspirasjon, og dei profesjonelle songarane hadde høgare aktivitet enn songstudentane, stikk i strid med eiga oppfatning. Aktiviteten var i fase med intercostalmuskulatur og abdominalmuskulatur. Senking av aktiviteten auka øvre thoraxvolum, men påverka ikkje aktiviteten i dei andre ekspiratoriske musklane. Det kan difor verka som om bruk av denne muskelen ikkje er naudsynt under song i det heile(2).

M. sternocleidomastoideus og mm. scaleni

M. sternocleidomastoideus har utspring frå sternum og mediale del av clavícula og festar seg ved processus mastoideus bak øyra. Med sin evne til å lyfta sternum under inspirasjonen, har han lenge vore annerkjent som aksesorisk pustemuskel(2). M. scalenus anterior, medius og posterior har utspring frå tverrtagg C4-6, og festar seg på første (anterior og medius) og andre (posterior) ribbe. Dei eleverer dei øvste ribbene, og er i menneske aktive sjølv under roleg inspirasjon(15). M. sternocleidomastoideus og mm. scaleni er begge aktive under song, særleg i byrjinga av fonasjonen og ved høge tonar. Ikkje alle songarane hadde målbar aktivitet i desse musklane(2).

Pettersen argumenterer for at m. trapezius og m. sternocleidomastoideus og mm. scaleni fungerer som antagonistar, og at bruk av dei to sistnemnde motverkar den ekspiratoriske effekten til førstnemnde. Når aktiviteten i m. trapezius minkar, går aktiviteten også ned i m. sternocleidomastoideus og mm. scaleni, om enn ikkje i like stor grad. Det kan sjå ut som om aktiveringa likevel aukar ved meir krevjande songoppgåver(2).

Tabell 3 Nakke- og skuldermuskulatur(11;13;14)

Muskel	Utspring	Feste	Innervasjon	Funksjon i respirasjon
M. scalenus anterior, medius og posterior	Proc. transversi CIV-CVI	Costae 1 (ant. og med.) og 2 (post.)	Plexus cervicalis	Inspirasjonisk (primær)
M. sternocleido-mastoideus	Manubrium sterni, mediale del av clavicula	Proc. mastoideus, linea nuchalis superior	N. accessorius	Inspiratorisk
M. trapezius (2)	Linea nuchalis superior, protuberantia occipitalis externa, lig. nuchae, procc. spinosi CVII-ThXII	Laterale tredjedel av clavicula, acromion, spina scapulae	N. accessorius	Ekspiratorisk
M. pectoralis major, pars clavicularis, pars sternocostalis, pars abdominalis	Mediale halvdel av clavicula; manubrium og corpus sterni, cartilago costales; vagina musculi recti abdomini	Crista tuberculi majoris humeri	Nn. pectorales medialis og lateralis	Inspiratorisk
M. pectoralis minor	Costae 3-5	Proc. coracoideus	Nn. pectorales medialis og lateralis	Inspiratorisk

Mm. pectoralis major og minor

M. pectoralis major har sitt utspring på clavicula, stenum og ribber og festar seg på humerus. M. pectoralis minor har utspring på ribbene, og festar seg på skulderbladet, på processus coracoideus. Når armane er fikserte, kan pectoralismuskane lyfta ribbene og fungera som sekunder respirasjonsmuskel. Det er også gjort ein preliminær studie på bruken av m. pectoralis major og minor hjå songarar. Det vart ikkje funne noko fast aktiveringsmønster, men ideosynkratisk bruk av musklane både under inspirasjon og for å bremsa kompresjonen av øvre thorax, og aktivitet vart funnen i majoriteten av songarane(24).

Songarar brukar altså nakke- og skuldermuskulatur i større utsteking enn antatt, men om denne bruken er naudsynt er enno ikkje kart.

Metodar for undersøking av einskilde musklar

For å måla aktiviteten i einskilde musklar har elektromyografi, EMG, vist seg å vera ein enkel og anvendeleg metode. I studiane av songarar er det overflaterregistreringar som er brukt. Likevel eignar ikkje overflaterregistreringar seg til å måla aktiviteten i alle musklar. Nakke- og skuldremuskulaturen ligg slik til at målingane blir pålitelege(2;24), likeeins m. rectus abdominis. Ved testing av dei laterale abdominalmuskulane får ein inntrykk av korleis dei tre muskulane jobbar saman i registreringsområdet til elektroden, men ikkje i kva grad kvar av muskulane deltek(18).

Andre metodar må nyttast for å kartleggja aktiviteten til muskelsom ikkje er tilgjengelege frå overflata. EMG-aktiviteten i dei mest caudale segmenta til mm. levatores costarum og i m. transversus thoracis hjå menneske er vorten undersøkt ved hjelp av nåleelektrodar(16;25). Nåleelektrodar har også gjeve pålitelege registreringar av aktiviteten til intercostalmusklar(26). Denne metoden er invasiv og gjev risk for å påføra forsøkspersonane pneumothorax, noko som truleg er grunnen til at han ikkje er brukt i studier av songarar.

Resultata de Troyer presenterer i sin oversiktsartikkel om intercostalmuskulatur er i stor grad bygd på forsøk gjort på hund og katt. CT-bilete og disseksjon av kadaver har gjeve grunnlag for vurdering av muskelfunksjonen hjå menneske(15). I og med at dei to setta med musklar ligg utanpå kvarandre i same intercostalrom og dessutan har ulik respiratorisk funksjon, er det vanskeleg å vurdere resultat frå EMG-målingar med overflateelektrodar. Ved målingar i dei mest caudale intercostalromma kan elektrodane i tillegg plukka opp signal frå diaphragma. På grunn av den spatiale distribusjonen er det dessutan ikkje mogleg å dra konklusjonar frå registreringar frå berre nokre få elektrodar.

Diaphragma ligg også lite tilgjengeleg for direkte måling av muskelaktivitet. Det likaste ville vera å måla impulsaktiviteten i n. phrenicus, men det eksisterer ikkje per i dag teknologi for kunna gjera målingar på friske menneske. Likeeins er det vanskeleg å gjera direkte EMG-målingar av muskelaktiviteten. Det har vore gjort forsøk på å plasserte overflatiske elektrodar i eit av dei nedre intercostalromma, men det er vanskeleg å vurdere om signala speglar diaphragma eller intercostalmuskulaturen sin aktivitet(27).

Ein mykje brukt metode er å registrera trykket i oesophagus og magesekken(4;27). Oesophagstrykket er som nemnt jamførbart med det intrapleurale trykket, trykkmålinga i magesekken speglar trykket i abdominalhola. Skilnaden mellom desse gjev peikepinn på diaphragma sin aktivitet: auke i intraabdominalt trykk og fall i intrapleuralt trykk indikerer bruk av denne muskelen. Ved differanse i trykk over diaphragma lik null er ikkje diaphragma i bruk.

Respirasjonsmønster

Omgrepet respirasjonsmønster blir her nytta om korleis dei ulike musklane samarbeider på for å kontrollera det subglottale trykket hjå songaren. Dette gjeld ikkje berre korleis dei inspiratoriske og ekspiratoriske muskelgruppene jobbar mot kvarandre, men også korleis musklane innom kvar av gruppene fordeler arbeidet.

Musklar samarbeider om respiratoriske oppgåver

Alle for songaren primære respirasjonsmusklar innan den inspiratoriske eller ekspiratoriske muskelgruppa er avhengige av kvarandre for ei god avvikling av respirasjonsarbeidet. Data tyder på at dei inspiratoriske intercostalmusklane og mm. levatores costarum jobbar synergistisk med diaphragma som ei inspirasjonsk eining(4;15). Bruk av den eine utan den andre medfører meirarbeid i form av større deformering av brystkorga og auke i det elastiske arbeidet under respirasjonen(15). Utan intercostalmusklaturen sin avstivande effekt blir deler av brystkorga sugd inn av undertrykket. Likeeins er både abdominalmusklane og dei ekspiratoriske brystveggsmusklane like viktige for ekspirasjonsavviklinga. Jobbar intercostalmusklane åleine, bukar abdominalveggen ut av trykket, såkalla paradoksal ekspansjon av abdomen(25).

Aktiveringsgrad varierer gjennom respirasjonssyklusen

Om dei ulike musklane alle blir aktiverte, er det likevel stor skilnad på korleis kvar av dei bidreg gjennom respirasjonssyklusen. For ein utanforståande skulle det vera logisk at songarar brukar respirasjonsapparatet på ein energiøkonimisk og elegant måte. Berre den muskelbruken som er naudsynt blir brukt til kontroll av det subglottale trykket, noko som dessutan skulle kunna gje enklare kontroll over trykket. Ekstreme volumendringar vil vera mindre heldig, då respirasjonsarbeid innom moderate volum gjev mindre deformasjon av brystkassen. Utfrå det perspektivet treng kanskje ikkje nakke- og skuldermuskulatur å bidra til elevasjon av bystkorga. Ein veit enno ikkje om bruk av denne muskulaturen gjev spenningar i halsområdet – noko som kan påverka forholda larynx jobbar under.

Det er gjort mange studiar på korleis ulike musklar bidreg til eit særskild respirasjonsmønster, både på aktiveringmønsteret til einskilde musklar(4;18) og meir ut frå meir heilskaplege vurderingar bygd på måling av volumendring av i brystkorg og abdomen(10;28). I tillegg blir det akustiske produktet analysert. Målet har nettopp vore å sjå om det finst særskild muskelbruk eller respirasjonsmønster som er viktig for stemmekvaliteten.

Så langt har forskarane ikkje lukkast i å sjå nokon klår samanheng. Den einskilde songaren sitt mønster er vist å vera konsistent ved repetisjon av samme fraser(29;30), men det er gjennomgåande observert ulike respirasjonsmønster mellom songarar(4;7;30-32). Så sprikande observasjonar gjer det vanskeleg å dra generelle konklusjonar, både om bruk av einskildmusklar og meir generelle respirasjonsmønster. Under følgjer ei oppsummering – i den grad det går an å generalisera – av dei hyppigast observerte mønstera:

Avhengig av behovet for luft og endepunktet for føregående ekspirasjon, inspirerer songaren større eller mindre del av sin vitalkapasitet. Fonasjonen startar gjerne på høgt lungevolum, men songaren treng ikkje nødvendigvis starta på høgare volum ved song av høgare lydstyrke eller tonehøgde. Han eller ho avsluttar då heller på lågare volum(28;29). Studentar viser meir variabel bruk av vitalkapasiteten enn røynde songarar, og byrja oftare høgare i sin vital-kapasitet(32).

Hyppigast observerte respirasjonsmønster er auke i både abdominalt og thorakalt volum, samt lågare aktivitet i abdominalmusklaturen under inspirasjonen for å fasilitera bruken av diafragma(18;28). Det er størst konsistens i inspirasjonsmønster mellom raske inspirasjonar(29). Diaphragma blir brukt ved behov for raske fall subglottalt trykk, særleg i byrjinga av fonasjonen og ved høge lungevolum(4). Abdominalmusklaturen tek gradvis over kontrollen av trykkendringar ved lågare lungevolum (27).

Vegen vidare

Ein kan oppnå det samme subglottale trykket ved hjelp av ulike thorax-konfigurasjonar(5;9;18). Sidan det ikkje er gjort ei fullstendig kartlegging av alle musklar innblanda, som registrering av aktivitet i skuldermusklaturen, er det vanskeleg å vita korleis respirasjonsapparatet jobbar som heilskap, og om oppsummeringa over i det heile representerer reelle mønster. Det er heller ikkje oversikt over kva som hender i larynx. Den store observerte variasjonen mellom songarar er også noko ein lyt finna ein måte å forhalda seg til. Ein står altså overfor mange utfordringar på vegen mot meir kunnskap. Under følgjer tre aspekt som etter mi meining er viktig å vurdere i vidare forskning.

Respirasjonsmønster sett i samanheng

Flesteparten av studiane har sett på respirasjonsapparatet isolert. Det akustiske produktet er analysert, men tilhøva i larynx ikkje undersøkt. Det er mogleg både songpedagogar og forskarar har interessert seg for einsidig for respirasjonsapparatet sin rolle. Eit av dei mest sentrale omgrepa innom dei ulike pedagogiske tradisjonane er "støtte", som refererer til bruk av respirasjonsapparatet, særleg abdominalmusklaturen. Omgrepet er mykje brukt, men har ein uklår definisjon, også innom songmiljøa(2;5;7;9;28).

Det er komme fleire studiar med utgangspunkt i omgrepet som konkluderer med at klassiske songarar som syng med "støtte" har eit presist regulert subglottalt trykk, eit resultat av samspel mellom dei ulike muskelgruppene heller enn berre bruk av abdominalmusklaturen. I tillegg endrar songaren truleg også bruk av larynx(7;9;28). Songarar som syng med "støtte" har lengre fonasjon, høgare subglottalt trykk og luftstraumsfart over stemmebanda, samt kortare glottal lukketid. I tillegg står ofte larynx lågare og stemma har annan formant-samansetjing(7;9). Om dette er ei følgje av respirasjonsmønster eller om songarane aktivt manipulerer larynx er uvisst, men resultata legg i dagen behov

for rutinemessig kartlegging av larynxfunksjon. Nokre få studiar har freista sjå respirasjonsapparatet og larynx i samanheng(7;32), men kartlegginga har berre så vidt byrja.

Diversitet

Mykje av diversiteten verkar komma som resultat av songopplæring. Det er interessant at har studiane brukt tilfeldig utvalde songarar, med opplæring av ulike pedagogar – med eitt unntak. Songarane testa i studien til Thorpe et al var alle studentar av same pedagogen, og konsistensen i respirasjonsmønster mellom songarane var også forbløffande(28). Dette peikar i retning av ei mogleg løysing på problemet.

Ein av årsakene til det store mangfaldet er at ulike pedagogar lærer ut ulike respirasjonsteknikkar. Det finst i tillegg forhold som verkar inn i kunnskaps-overføringa. Kor stor forståing har songpedagogen sjølv om det som hender i respirasjonsapparatet? Greier pedagogen å formidla tenkikken på ein måte som studenten forstår? Pettersen sitt arbeid på nakke- og skuldermuskulatur stadfestar at songarar kan ha ei oppfatning av eigen muskelbruk som ikkje speglar den reelle muskelbruken(2). Det er heller ikkje stor kunnskap om særskilde metodar er avgjerande for å oppnå eit klangleg ideal.

For å kunne sei noko om korleis eit respirasjonsmønster påverkar stemmeapparatet, og kva mønster som blir brukt innom dei ulike tradisjonane, lyt det til ei målretta kartlegging av respirasjonsmønsterane kvar pedagogiske tradisjon og songstil, med same type utvalskriterier som Thorpe brukte i sin studie(28). I tillegg bør larynxfunksjonen rutinemessig inkluderast i undersøkingane. Først då vil det vera mogleg å sei noko om korleis ulike teknikkar verkar på resten av stemmeapparatet, og om det er nokre som er meir tenelege enn andre.

Metodar for undersøking av respirasjonsmønster

Registreringa av muskelbruk og volumendring er verken konsistent eller tilstrekkeleg hjå dei ulike forskarane, noko som gjer resultata vanskeleg å jamføra. Ved undersøking av einskilte musklar er EMG-målingar ein grei metode(2;18;24), men overflateelektrodar har sine begrensingar. Med eit lite tal elektrodar er det råd å registrera om det er aktivitet eller ikkje, og om aktiviteten aukar eller minkar, men det er vanskeleg å få noko inntrykk av korleis muskelen jobbar som heilskap.

Dei fleste av studiane på respirasjonsmønster har brukt plethysmografi med lengdeavhengig motstandsmål som metode, med lengdemål i navelhøgde og i høgde med brystvortene.(7;10;28-31) Denne metoden kalkulerer lungevolum berre ut frå tverrsnittsberekingar, men er fin for å reigstrera korleis abdomen og brystkorga jobbar i forhold til kvarandre. Også interpleural og intraabdominal trykkmåling speglar det samla bidraget til abdominalmuskulaturen på eine sida og diaphragma og brystveggsmuskulaturen på den andre. Pettersen kombinerte lengdemåling over øvre og nedre brystkorg med overflatisk EMG-registrering av

dei laterale musklane for å sjå samspelet(2), men då det ikkje vart gjort målingar over abdomen, er det uråd å setja funna hans i samanheng med generelt respirasjonsmønster.

Ved kartlegging respirasjonsmønster lyt ein ideelt sett undersøkje alle musklane som bidreg til volumendringa. Då kan det vera ein fordel å kunna kombinera fleire metodar. I tillegg til å registrera volumendringar i både brystkorg og abdomen er det viktig å sjå om hals- og skuldermuskulatur er med og bidreg til volumreguleringar i brystkoga. Samstundes kan måling av intrapleuralt og intraabdominalt trykk gje verdifull informasjon om trykktilhøva muskelbruken skaper, samt korleis diaphragma jobbar. Elektroglottografi gjev informasjon om tilhøva i larynx. Spekteranalyse av det akustiske produktet høyrer med. Det kan også vera spanande å sjå om det er andre muskelgrupper som bidreg, som bekkenbotnsmuskulatur og ryggmuskulatur.

Oppsummering

Det går fint å kartleggja kva musklar som blir brukt i respirasjonen under song, men om sjølve samspelet mellom dei er konsistent hjå den einskilde songaren, har ulike songarar ulike respirasjonsmønster. Mange brystkorgkonfigurasjonar kan gje same subglottale trykk, og ulike pedagogar lærer songarane til å bruka respirasjonsapparatet på ulike måtar. Det er kan også vera diskrepans mellom songaren sin tenkte og reelle bruk av respirasjonsmusklar. Ein veg å gå kan vera å kartleggja respirasjonsmønsterane innan ulike pedagogiske tradisjonar. Ein bør dessutan kombinera metodar for å registrera fleire viktige aspekt ved respirasjonen samstundes, inklusive påverknad på resten av stemmeapparatet.

Reference List

- (1) Emmons S. Breating in singing. J Voice 1988;2(1):30-5.
- (2) Pettersen V. Muscular patterns and activation levels of auxiliary breathing muscles and thorax movement in classical singing. Folia Phoniatr Logop 2005 Sep;57(5-6):255-77.
- (3) Sataloff RT, Heman-Ackah YD, Hawkshaw MJ. Clinical anatomy and physiology of the voice. Otolaryngol Clin North Am 2007 Oct;40(5):909-29, v.
- (4) Leanderson R, Sundberg J, von EC. Role of diaphragmatic activity during singing: a study of transdiaphragmatic pressures. J Appl Physiol 1987 Jan;62(1):259-70.
- (5) Leanderson R, Sundberg J. Breathing for singing. J Voice 1988;2(1):2-12.
- (6) Bouhuys A, Proctor DF, Mead J. Kinetic aspects of singing. J Appl Physiol 1966 Mar;21(2):483-96.

- (7) Griffin B, Woo P, Colton R, Casper J, Brewer D. Physiological characteristics of the supported singing voice. A preliminary study. *J Voice* 1995 Mar;9(1):45-56.
- (8) Sundberg J, Elliot N, Gramming P, Nord L. Short-term variation of subglottal pressure for expressive purposes in singing and stage speech: a preliminary investigation. *J Voice* 1993 Sep;7(3):227-34.
- (9) Sonninen A, Laukkanen AM, Karma K, Hurme P. Evaluation of support in singing. *J Voice* 2005 Jun;19(2):223-37.
- (10) Watson PJ, Hixon TJ, Stathopoulos ET, Sullivan DR. Respiratory Kinematics in Female Classical Singers. *J Voice* 1990;4(2):120-8.
- (11) Dahl HA, Rinvik E. Menneskets funksjonelle anatomi: med hovedvekt på bevegelsesapparatet. Oslo: Cappelen akademiske forlag; 1999.
- (12) Boron WF, Boulpaep EL. Medical physiology : a cellular and molecular approach. Updated ed. Philadelphia: Elsevier Saunders; 2005.
- (13) Feneis H. Anatomisk billedordbog. 3 ed. Copenhagen: Munksgaard; 1995.
- (14) Sobotta J. Vol. 2: Thorax, Abdomen, Pelvis, Lower Limb. 13 ed. Munich: Urban & Fisher; 2001.
- (15) De TA, Kirkwood PA, Wilson TA. Respiratory action of the intercostal muscles. *Physiol Rev* 2005 Apr;85(2):717-56.
- (16) Goldman MD, Loh L, Sears TA. The respiratory activity of human levator costae muscles and its modification by posture. *J Physiol* 1985 May;362:189-204.
- (17) De TA, Ninane V, Gilmartin JJ, Lemerre C, Estenne M. Triangularis sterni muscle use in supine humans. *J Appl Physiol* 1987 Mar;62(3):919-25.
- (18) Watson PJ, Hoit JD, Lansing RW, Hixon TJ. Abdominal Muscle Activity During Classical Singing. *J Voice* 1989;3(1):24-31.
- (19) Pettersen V, Westgaard RH. Muscle activity in the classical singer's shoulder and neck region. *Logoped Phoniatr Vocol* 2002;27(4):169-78.
- (20) Pettersen V, Westgaard RH. The association between upper trapezius activity and thorax movement in classical singing. *J Voice* 2004 Dec;18(4):500-12.
- (21) Pettersen V, Westgaard RH. Muscle activity in professional classical singing: a study on muscles in the shoulder, neck and trunk. *Logoped Phoniatr Vocol* 2004;29(2):56-65.

- (22) Pettersen V, Bjorkoy K, Torp H, Westgaard RH. Neck and shoulder muscle activity and thorax movement in singing and speaking tasks with variation in vocal loudness and pitch. *J Voice* 2005 Dec;19(4):623-34.
- (23) Pettersen V, Westgaard RH. The activity patterns of neck muscles in professional classical singing. *J Voice* 2005 Jun;19(2):238-51.
- (24) Pettersen V. Preliminary findings on the classical singer's use of the pectoralis major muscle. *Folia Phoniatr Logop* 2006;58(6):427-39.
- (25) Estenne M, Zocchi L, Ward M, Macklem PT. Chest wall motion and expiratory muscle use during phonation in normal humans. *J Appl Physiol* 1990 May;68(5):2075-82.
- (26) TAYLOR A. The contribution of the intercostal muscles to the effort of respiration in man. *J Physiol* 1960 May;151:390-402.
- (27) Leanderson R, Sundberg J, von Euler C. Breathing muscle activity and subglottal preassure dynamics in singing and speech. *J Voice* 1987;1(3):258-61.
- (28) Thorpe CW, Cala SJ, Chapman J, Davis PJ. Patterns of breath support in projection of the singing voice. *J Voice* 2001 Mar;15(1):86-104.
- (29) Thomasson M, Sundberg J. Consistency of inhalatory breathing patterns in professional operatic singers. *J Voice* 2001 Sep;15(3):373-83.
- (30) Thomasson M, Sundberg J. Consistency of phonatory breathing patterns in professional operatic singers. *J Voice* 1999 Dec;13(4):529-41.
- (31) Collyer S, Thorpe CW, Callaghan J, Davis PJ. The influence of fundamental frequency and sound pressure level range on breathing patterns in female classical singing. *J Speech Lang Hear Res* 2008 Jun;51(3):612-28.
- (32) Lam Tang JA, Boliek CA, Rieger JM. Laryngeal and respiratory behavior during pitch change in professional singers. *J Voice* 2008 Nov;22(6):622-33.